

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEU ILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**SVEU ILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

**TEHNIKE,TEHNOLOGIJE I MENADŽMENT U ŠUMARSTVU**

**DRAŽEN KRUŠI**

**ANALIZA OTVORENOSTI ODABRANIH PODRU JA UŠP  
SPLIT S OBZIROM NA VRIJEME INTERVENCIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2016.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**ANALIZA OTVORENOSTI ODABRANIH PODRUČJA UŠP  
SPLIT S OBZIROM NA VRIJEME INTERVENCIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Šumska protupožarna infrastruktura

Ispitno povjerenstvo: 1. Doc.dr.sc. Hrvoje Nevećerel

2. Izv.prof.dr.sc. Mario Šporić

3. Dr.sc. Kruno Lepoglavec

Student: Dražen Krušić

JMBAG: 0068205876

Broj indeksa: 572/14

Datum odobrenja teme: 20.04.2016.

Datum predaje rada: 22.09.2016.

Datum obrane rada: 29.09.2016.

**Zagreb, rujan 2016.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Analiza otvorenosti odabranih područja UŠP Split s obzirom na vrijeme intervencije
Title	Analysis of openness for selected areas in Forest Administration Split due to the time of intervention
Autor	Dražen Krušić
Adresa autora	Petelić 231, 33410 Suhopolje
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Doc.dr.sc. Hrvoje Nevenčević
Izradu rada pomogao	Dr. sc. Kruno Lepoglavec
Godina objave	2016.godina
Obujam	I-VII + 33 stranice + 1 tablica + 21 slika + 14 navoda literature
Glavne riječi	Vatrogasna postrojba, šumske protupožarne ceste, vrijeme pristupa
Key words	fire brigades, forest fire roads, access time
Sažetak	<p>Postojeća javna i šumska primarna prometna infrastruktura predstavljaju trajne objekte koje koristimo pri redovitom obilasku šumskih površina. Također služe kao vatrobrani pojas te omogućavaju direktan pristup vatrogasnim vozilima na požarište, odnosno koriste se kao polazno mjesto odakle ekipe za gašenje gasu požar ili kreću prema udaljenim požarištima. U ovom se radu utvrditi postojeća protupožarna prometna infrastruktura na odabranim područjima UŠP Split te položaj javnih i dobrovoljnih vatrogasnih postrojbi tog područja. Analizom će se postojeće protupožarne infrastrukture sa simuliranim pozicijama eventualnog požara odrediti vrijeme potrebno za dolazak pojedine ekipe za gašenje požara te predložiti daljnje mjere za skraćivanje vremena dolaska na mjesto intervencije.</p>

# SADRŽAJ

DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
PREDGOVOR .....	V
1. UVOD .....	1
1.1. IMBENICI KOJI UTJE U NA NASTAJANJE ŠUMSKOG POŽARA.....	1
1.1.1. Utjecaj geološke podloge .....	2
1.1.2. Utjecaj reljefa.....	2
1.1.3. Utjecaj klime .....	3
1.1.4. Tlo i šumski požari.....	4
1.1.5. Vegetacija .....	5
1.1.6. Utjecaj ovjeka na nastanak šumskog požara .....	6
1.1.7. Ostali utjecajni imbenici .....	7
2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA .....	8
2.1. ŠUMSKA PROMETNA INFRASTRUKTURA.....	8
2.1.1. ŠUMSKE PROTUPOŽARNE CESTE.....	9
2.1.2. Osnovne zada e šumskih protupožarnih cesta.....	12
2.2. OTVORENOST ŠUMA .....	13
3. PODRU JE ISTRAŽIVANJA .....	18
3.1. GOSPODARSKA JEDINICA VIS .....	20
4. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	22
5. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....	23
5. REZULTATI.....	25
6. ZAKLJU AK .....	32
7. LITERATURA.....	33

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Šumski požar

Slika 2. Šumska cesta

Slika 3. Traktorska vlaka, traktorski put i ži na linija

Slika 4. Protupožarna prosjeka

Slika 5. Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste

Slika 6. Protupožarni put

Slika 7. Prikaz otvorenosti mrežom prometnica

Slika 8. Prikaz relativne otvorenosti ome enom površinom

Slika 9. Teorijski model odre ivanja srednje udaljenosti pristupa ugroženoj površini

Slika 10. Podru je istraživanja

Slika 11. Maksimalne brzine kretanja po pojedinoj prometnici

Slika 12. Primarna prometna infrastruktura – javne i šumske protupožarne ceste

Slika 13. Po etci i završeci sastavnica cjelokupne promatrane mreže

Slika 14. Prostorne pozicije mjesta intervencije – simulacija požara

Slika 15. Primjer udaljenosti pristupa jednoj od simuliranih pozicija intervencije

Slika 16. Pokrivenost površina sa vatrogasnom potporom s obzirom na vremena dolaska na  
mjesto intervencije

Slika 17. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 5 minuta

Slika 18. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 10 minuta

Slika 19. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 20 minuta

Slika 20. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 30 minuta

Slika 21. Prikaz površina dostupnih dosegu simulirane duljine crijeva za gašenje

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Vrijeme intervencije i udaljenosti za simulirana mjesta nastanka požara

## PREDGOVOR

*Ovaj rad izrađen je na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije, Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.*

*Ovim putem se posebno zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Hrvoju Nevećeru na ukazanom povjerenju, zalaganju, trudu i strpljenju te pomoći i savjetima tijekom izrade diplomskog rada.*

*Zahvaljujem se dr. sc. Kruni Lepoglavcu na iznimnoj pomoći i tijekom izrade rada.*

*Neizmjereno se zahvaljujem roditeljima koji su mi omogućili studiranje te bili podrška i potpora tijekom cijelog studiranja.*

## 1. UVOD

Šumski požar je nekontrolirano, stihijno kretanje vatre po šumskoj površini. Pripada u prirodne katastrofe. Razlikuje se po vrsti, na inu postanka i štetama. Za nastanak požara potrebna je određena temperatura, tlak i kisik. Ako se jedno od toga ukloni, požar prestaje. (Pi man, interna skripta). Može se pojaviti u nekoliko oblika. Podzemni požar ili požar tla, nastaje kada se zapali listinac u tlu ili podzemne naslage treseta. Prizemni požar, nastaje kada se zapali: pokrov tla, humus, lišće, iglice, mahovina, suha trava, suho drvo, panjevi. Ovršni požar ili požar krošnja, razvije se iz prizemnog požara, ako zahvati grane stabala mladih sastojina. Požar pojedina njih stabala, nastaje od udara munje, čest je u prašumama, gdje ima mnogo suhih grana.

### 1.1. IMBENICI KOJI UTJEČU NA NASTAJANJE ŠUMSKOG POŽARA

Na nastanak šumskog požara mogu utjecati različiti biotski i abiotski imbenici. Tako pri tome možemo govoriti o utjecaju terena (geološki utjecaj), vegetacije, povjeka, tehničkih sredstava (različita prometala) i prirodne pojave (munja-grom). Uz reljef, geološke podloge i tla, najvažniji imbenici, kako ističe Rosavec (2010), koji utječu na nastajanje šumskih požara i veličinu izgorene površine su stanje vegetacije i klimatske prilike.



Slika 1. Šumski požar

Naglasak na važnost imbenika koji uvjetuju nastanak šumskih požara kao i imbenika koji uzrokuju poželjno širenje, odnosno šumsko gorivo, dali su u svojim radovima Bilandžija



(1988, 1992, 1995), Bilandžija i dr. (1993), Rosavec (2010), Rosavec et. al. (2009, 2010, 2010a), te Španjol et. al. (2011).

### **1.1.1. Utjecaj geološke podloge**

Jedan od imbenika koji može utjecati na pojavu nastanka šumskih požara predstavlja geološka podloga. Utjecaj geološke građe na mogućnost nastanka i uspješno gašenje požara općenito se očituje na ovaj način:

- geološki odnosi i petrografski sastav stijena utječe na tip vegetacije;
- požari lakše izbijaju na suhim bezvodnim terenima koji se sastoje od vodopropusnih stijena;
- gašenje požara je u svezi s geomorfološkim značajkama terena;
- isto je u svezi s erozijom i opasnosti od onečišćenja podzemne vode nakon požara.

Stupnju zapaljivosti u mnogome pridonosi suhoća ili bezvodnost terena, što je naročito izraženo za najtoplijih mjeseci. Iz tog razloga nužno je povezivati hidrogeološke prilike nekog područja. Kod toga je najvažnija klasifikacija stijena na temelju vodopropusnosti (propusne, polupropusne i nepropusne stijene). Kod propusnih stijena nakon kiše površina ostaje suha, što omogućava nastanak požara. Gašenje je otežano jer obično ne postoje prirodni vodotoci. Kod polupropusnih stijena zbog povišene vlažnosti i prisutnih vodotoka požari se mogu lakše gasiti i sporije se šire. U nas se područjem krša smatra dio Dinarida koji izgrađuju plitkovodne karbonatne stijene (vapnenci i dolomiti) mlađeg mezozoika i starijeg tercijara. Petrografski sastav dinarskog krša upućuje na vezu s požarima. Postoji pet raznovrsnih skupina stijena (Dinaridi i drugi) koje se bitno razlikuju s obzirom na mogućnost nastanka, širenja i gašenja požara, te prema posljedicama koje požari mogu nanijeti.

### **1.1.2. Utjecaj reljefa**

Kao slijedeći imbenik mogućeg nastanka požara, a izravno vezan uz geološku podlogu je reljef. Reljef može utjecati svojom veličinom, pravcem pružanja, razvedenošću i oblicima terena. Reljef utječe na klimu, edafske prilike i vegetaciju. Pri tome važno je poznavati nadmorsku visinu, izloženost suncu, ekspoziciju, nagib i drugu reljefnu raznolikost.

Uvažavanje faktora reljefa veoma je važno za organizaciju protupožarne službe npr. u reljefnoj kategorizaciji terena, sustavu pregovaranja, tj. za realniju procjenu stupnjeva ugroženosti požarom, prilikom dinamičkih metoda prognoze vremena za pojedina područja i lokalitete, za prometnice, za širenje i način gašenja vatre, za stupanj uinkagasilaca.

Različit oblici terena mogu biti prirodne zapreke ili pogodnosti za požare. Općenito u mnogome uvjetuju razlike u preglednosti i dostupnosti terena, u nastanku brzini i pravcima širenja vatre, broju i opremljenosti gasitelja, izboru metoda i tehnika gašenja itd.

Velikoznačenje na promjene ekoloških prilika ima nadmorska visina. Ona je mjerodavna za raspored, gustoću, djelotvornost osmatranica za visinu leta i izbacivanje vode iz aviona i sl.

Utjecaj solarne ekspozicije očituje se u visokom stupnju prvotne ugroženosti za nastanak, širenje, jačinu i učestalost požara. Prvotno su najugroženije ekspozicije J, JZ, Z i JI. Slabija je ugroženost prema SZ i I, a najmanje su u opasnosti S i SI pristranci.

Pojedini nagibi terena važni su za procjenu opasnosti, a uvjetuju znatne razlike u ugroženosti, brzini širenja i intenzitetu širenja vatre, otežanu dopremu vode i gašenje, a naročito štetne posljedice požara (erozija).

Uzbrdo se vatra na strmim obroncima širi četiri puta brže, na blagim dva puta brže nego u ravninama. Nizbrdo se vatra širi ako vjetar puše niz obronke (kotrljanjem zapaljenih komada drva i iskrama). Veći nagib i strmine nisu pogodni za protupožarne prosjeke i pruge, odnosno prometnice. Za nastanak požara i zaštitu izuzetno je važan živi i mrtvi organski pokrov reljefa.

U svezi s navedenim trebalo bi utvrditi orografske pojaseve i parametre i klasificirati prema stupnju opasnosti ugroženosti od požara i prikazati na kartama (aerofotogrametrima, karte reljefa, topografske karte, hipsometrijske karte, karte nagiba terena, karte prisojnih i osojnih ekspozicija, karte rizika od erozije i drugo).

Pristup požarištu (ako nema prometnica) ovisi o reljefnim karakteristikama terena, tj. o litološkotektonskoj građini. Treba imati na umu da uništavanje vegetacije ubrzava razarajuću djelatnost tekuće vode tj. eroziju. Voda i materijal svojom snagom nose sastavne elemente na niže dijelove. Najugroženiji su tereni s većim nagibom i mekše stijene.

### **1.1.3. Utjecaj klime**

Pod klimom se razumijeva ukupnost meteoroloških elemenata i pojava koji karakteriziraju srednje stanje atmosfere na određenom mjestu i u određenom višegodišnjem razdoblju. Zato se kaže: "vrijeme se mijenja no klima ostaje". Poznavanje klime je od prvorazrednog značenja za preventivu odnosno za realno stupnjevanje opasnosti i klasifikacije šumskih terena s obzirom na požarnu ugroženost te na planiranje niza preventivnih mjera i zahvata.

U preventivnim i represivnim postupcima u zaštiti šumskog i drugog biljnog pokrova od požara koriste se spoznaje i podaci opće klimatologije i različitih grana primjerene klimatologije, npr. bioklimatologije i njenih ogranaka, kao posrednog pokazatelja prosječnih atmosferskih prilika u nekom području.

U životu biljaka i vegetacije najbolje se očituje sveukupnost utjecaja podneblja. Zato mnogi stručnjaci klasificiraju klimu na osnovu biljnog svijeta. U tom smislu za karakterizaciju razumijevanja manjih podneblja definiran je pojam bioklimat odnosno fitobioklimat (fitoklimat). Pod tim se razumijeva pojas (podpojas, područje, područje ili lokalitet s izraženim karakteristikama podneblja i toj klimi prilagođenoj vegetaciji klimatskom biljnom zajednicom, fitocenozom).

Važan pokazatelj svakog bioklimata je vegetacijski pokrivač jer jasno odražava odnos i ovisnost podneblja i raslinstva. Požari na vegetaciji su najčešći i najrazorniji u južnim osobito u primorskim krajevima. Klimatske karakteristike potvrđuju da su za nastanak požara na vegetaciji najugroženiji ovi bioklimati: priobalni kseromediterranski, termomediterranski i inframediterranski te brdski - eumediterranski i submediteranski bioklimat.

Bioklimate svakako treba uvažiti jer su neposredan pokazatelj u kojem koincidiraju najosjetljiviji elementi požara: vrsta vegetacije (gorivi materijal) i klima (poprečne atmosferske prilike) koji su najodlučniji za prirodan nastanak i širenje požara na vegetaciji.

Klimatske nepovoljnosti izražene u jadranskom i dinarskom kršu izražene su slijedećim karakteristikama:

- duga i trajna razdoblja ljetne atmosferske suše (1 - 4 mjeseca)
- ljetne žege (2 - 4 mjeseca)
- plitka i skeletna tla (ljeti suha sa slojem mrtvih biljnih ostataka).

#### **1.1.4. Tlo i šumski požari**

Martinović (2003) ukazuje da u SAD-u najveće štete nastaju od šumskih požara, a da je tako i sa šumskim sustavima našega krša. Upućuje se na činjenicu da pozornost valja obratiti pedološkim uvjetima nastanka šumskih požara. Utvrđeno je da pedološki uvjeti snažno utječu na nastanak i širenje požara jer o njima bitno ovisi biljni pokrov.

Na staništima ja e ugroženim požarom su najrasprostranjenija tla nastala na vapnencima i dolomitima (crnice, rendzine, sme a tla i crvenice). S obzirom na vrijeme potrebno za nastanak tla, mjereno ljudskim vijekom, tlo uništeno na kršu trajan je gubitak.

U svjetskim sustavima prognoze opasnosti od požara pedološki initelj, odnosno šumska prostirka s ostalim mrtvim dijelovima biljaka ima važno mjesto. Sloj šumske prostirke je naj eš e glavni gorivi materijal u šumi. Za potrebe prognoze opasnosti od požara izra uju se klasifikacije tipova gorivog materijala, a pojedini slojevi imaju svoje oznake. To je logi no jer širenje i snaga šumskog požara ovise o koli ini, sastavu i sadržaju vlage gorivog materijala.

Pedološki uvjeti nastanka i širenja požara ovise o svojstvima tla. U pravilu tom pogoduje i stjenovitost terena zbog preraspodjele, odnosno ve e akumulacije šumske prostirke na reduciranoj površini tla. S obzirom na to tla se mogu svrstat u dvije skupine:

I – tla s ve om opasnoš u od požara: rendzine, crnice, rankeri, sme e tlo na vapnencu i dolomite.

II – tla s manjom opasnoš u od požara: lesivirana, eutri na i koluvijalna tla i rigolana terasirana tla.

Na zapaljivost šumske prostirke utje u i unutarnja svojstva tla. Pli a tla s malim kapacitetom uskladištene vode pogoduju smanjenju vlage u šumskoj prostirki.

### **1.1.5. Vegetacija**

Atmosferska i zemljišna suša, iznimno visoke temperature, odre ena toplinska i vegetacijska razdoblja osobito su važna za biljni svijet sa stajališta protupožarne zaštite. U tom smislu postoje dva klimatozonska vegetacijska podru ja (Bertović i dr, 1987) :

I. kontinentalna regija

II. mediteranska regija.

Dinarski i krški predjeli su klimatski, vegetacijski, i u pogledu u estalosti šumskih požara najosjetljiviji i najugroženiji u cijeloj Hrvatskoj.

Sveukupno se može zaklju iti da su svi vegetacijski pojasevi u priobalnom i otomnom dijelu ugroženi sušom. Još je nepovoljnije stanje uzmu li se u obzir karakteristike krških tala (plitka i skeletna). Za lako nastajanje šumskih požara treba uzeti u obzir i nagomilane nerastvorene biljne ostatke koji se zbog suše sporo razgra uju.

injenica da za suše brzo odumire travnato raslinje i prizemno rašće u šumskim sastojinama je rezultat da biljke u takvom stanju pogoduju izbijanju i brzom širenju požara i na najmanji vanjski poticaj. Zato je korisno poznavati sve vremenske okolnosti koje pogoduju takvom stanju tj. ona vremenska razdoblja u godini u kojima nastupaju ekstremni šokovi tj. temperature više od biološkog maksimuma.

Za svako vegetacijsko područje je bitno je znati pojavu toplih i vrućih razdoblja u godini, pogotovo vrućih i mjesec sa srednjom temperaturom zraka višom od 20°C.

Vegetacijski pokrivač, tj. biljne zajednice, izravno ovise o tipu tla, klimi i dr.. Uz ostale činitelje geološka građa utječe na prisutnost različitih šuma što je važno sa stajališta požara i štete od njega. Vegetacija, sušnost ili prekomjerne vlažnost su najznačajniji i najčešći ograničavajući vegetacijski čimbenici. Šumski požari dolaze do izražaja tijekom sezonskih pojava tijekom godine. U svakom pogledu treba razlikovati i uzeti u obzir i sadržaj vode u biljkama.

Po stupnju zapaljivosti, mogu postojati potpaljivanja i brzini širenja požara razlikuju se pet glavnih kategorija (skupina) šumske vegetacije: nezapaljiva vegetacija, teško zapaljiva vegetacija, umjereno zapaljiva vegetacija, lako zapaljiva vegetacija i veoma zapaljiva vegetacija. Unutar toga mogu se razlikovati podgrupe - vegetacijski tipovi kod kojih je zapaljivost tijekom godine podjednaka ili se mijenja (poplave - ljetne suše).

#### **1.1.6. Utjecaj čovjeka na nastanak šumskog požara**

Uz izuzetak požara od groma svi se ubrajaju u antropogene činitelje. To su različite djelatnosti i postupci kojima društvo ili pojedinac povećavaju ili umanjuju ugroženost od požara na vegetaciji. Mnoge promjene u životu ljudi odražavaju se na izbijanje požara. Osnovna mjera ugroženosti ili sigurnosti od požara je gospodarenje površinama pod vegetacijom, a napose gospodarenje šumama. Zapuštene poljoprivredne kulture su glavna opasnost za nastajanje šumskih požara, a što bi trebalo beskompromisno regulirati zakonski.

Podaci pokazuju da je u nas preko 95 % požara uzrokovao čovjek svojom djelatnošću. Čovjek uzrokuje požare nehatom i zlonamjerom. Namjerno izazivaju požare poremećene osobe i iz ekonomske raznine, osvete ili mržnje prema pojedincu ili društvu. Po tome shvaćanju i to su poremećene osobe. Događa se da se požari podmeću zbog ispaše (stočne i pašnjake), mogući prenamjene zemljišta i niza drugih razloga. Može se dogoditi da požar podmetnu i alkoholizirane osobe.

Opušak cigarete predstavlja naročito opasnost. Žar cigarete je oko 450 °C što je više od temperature paljenja biljnog materijala, pogotovo suhoga. U sušnim razdobljima vlaga biljnog materijala iznosi oko 4 % a takvog opušak lako zapali.

Do požara može doći i kada se djeca igraju paljenjem bilo kakvog materijala.

#### **1.1.7. Ostali utjecajni čimbenici**

Šumski požar može nastati i lomom sunčevih zraka kroz krhotine ili cijele staklene boce. Uz željezničke pruge požari mogu nastati iskrenjem prilikom kočenja električnog voda i sl. ili bacanjem zapaljivih materijala ili uređaja iz vlaka.

Iz dalekovoda požari nastaju iskrenjem između žica, pucanjem žica, padom stupova, dodirivanjem žica i drveća ili drugih materijala, zapaljenjem drvenih stupova itd..

Do požara dolazi i spaljivanjem smeća, paljenjem vatre za roštilj, logorske vatre, zapaljivanjem građevinskih objekata vozila i niza drugih.

Za vrijeme iznenadnih ljetnih pa poneki puta i zimskih oluja uzrokuje požara može biti udar groma. Za namjerno podmetanje požara su tolike mogućnosti da ih je teško nabrojati, a još teže analizirati.

## 2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

### 2.1. ŠUMSKA PROMETNA INFRASTRUKTURA

Šumske su prometnice građevinski objekti po kojima se odvija promet. S obzirom na namjenu, položaj u sastojini, tehnička svojstva i sl. postoje razne definicije i podjele prema različitim kriterijima. Šumska prometna infrastruktura se prema vrsti šumskih prometnica dijeli na:

1. Primarne šumske prometnice
2. Sekundarne šumske prometnice

U primarne šumske prometnice ubrajamo šumske ceste. To su trajni građevinski objekti koji omogućuju stalan promet motornim vozilima radi izvršenja zadataka predviđenih planovima gospodarenja (prijevoz drva, lov, zaštita šuma, uzgojni radovi, njega). Izgrađene su od donjeg i gornjeg ustroja sa svim tehničkim obilježjima ceste, te šumi trajno oduzimaju plodno tlo (za širinu planuma, odnosno tijela ceste).



Slika 2. Šumska cesta

U sekundarne šumske prometnice ubrajamo: traktorske putove, traktorske vlake i žičane linije. Sekundarne šumske prometnice su građevinski objekti koji povremeno služe za izvršenje zadataka predviđenih Planovima gospodarenja. Prvenstveno su namijenjene za traktorsku vuču, izvoženje drva forvarderima i iznošenje drva šumskim žičarama. (Piroman, 2007).



Slika 3. Traktorska vlaka, traktorski put i ži na linija

Budu i da su mediteranske šume po mnogo emu osobite npr. s obzirom na dominaciju degradiranih sastojina, na nisku i manje vrijednu drvu pri uvu, na mali prirast, na niski etat, na veliku opasnost od nastajanja šumskih požara, te s obzirom na na in i cilj gospodarenja, za ovo su podru je vezane i posebne šumske ceste – šumske protupožarne ceste.

Pri sadašnjem integralnom, ekološki orijentiranom, intenzivnom i racionalnom gospodarenju šumskim ekosustavima, šumska prometna infrastruktura (šumske prometnice zajedno s javnim prometnicama koje se prema svojim karakteristikama i zna enju mogu koristiti za radove u šumarstvu) predstavlja nezaobilazan imbenik. Prometnice predstavljaju samo jedan ulaz pretpostavci takvog gospodarenja sa šumskim bogatstvom.

Krške šume s oko 44% sudjeluju u ukupnoj površini šuma i šumskog zemljišta kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o. Zagreb.

Prosje na drvena zaliha krških šuma iznosi 46 m<sup>3</sup>/ha, a godišnji sje ivi etat prema Programima gospodarenja iznosi oko 390 000 m<sup>3</sup>.

Podru je pod kršom u Republici Hrvatskoj prostire se na površini od 23.356 km<sup>2</sup>, što predstavlja oko 52% ukupne kopnene površine. Na toj površini obitava oko 2.000.000 stanovnika ili oko 41% od ukupnog stanovništva Republike Hrvatske. Preko 80% ukupnog turisti kog prihoda ostvaruje se na podru ju krša (Španjol i dr., 2000), a turizam u brutto nacionalnom dohotku sudjeluje s oko 22%.

### **2.1.1. ŠUMSKE PROTUPOŽARNE CESTE**

Prema Pravilniku o zaštiti šuma od požara (NN 26/2003, od 20.02.2003.) u protupožarnu infrastrukturu ubrajamo slijede e vrste prometnih površina:

1. Protupožarna prosjeka – prosje eni prostor u šumi u obliku pruge, o iš en od drve a i niskog raslinja, širine 4-15 m bez elemenata šumske ceste, koji ponekad prolazi



okomito na slojnicu terena. Protupožarnom prosjekom se u ovom Pravilniku ne smatra prosje ni prostor ispod trasa elektroenergetskih vodova.



Slika 4. Protupožarna prosjeka

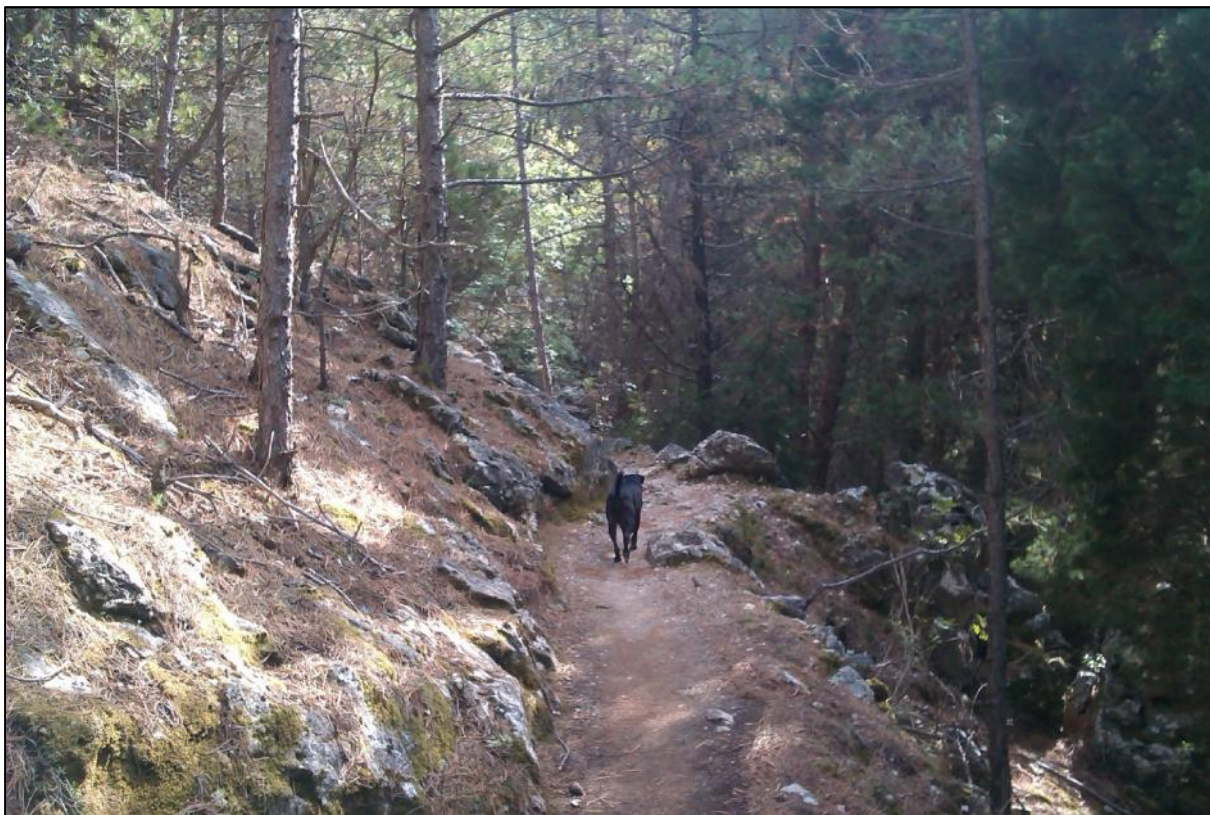
2. Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste – prosje ni prostor u šumi u obliku pruge, o i š en od drve a i niskog raslinja, širine 4-15 m s elementima šumske ceste koji ima na mijenu prolaska vatrogasnih vozila do požarišta. Protupožarnom prosjekom s elementima šumske ceste se u ovom Pravilniku ne smatra prosje ni prostor ispod trasa elektroenergetskih vodova.



Slika 5. Protupožarna prosjeka s elementima šumske ceste



3. Protupožarni put – šumska staza koja je preuska za prolaz vozila te služi za prolazak vatrogasaca i pri ru ne vatrogasne tehnike do požarišta.



Slika 6. Protupožarni put

Šumske protupožarne ceste su takve šumske ceste koje su primarno projektirane i izgra ene sa namjenom da obavljaju prevenciju od šumskog požara, a u slu aju nastanka požara moraju omogu iti što povoljnije uvjete za njegovo suzbijanje. To su šumske ceste koje ne nose naziv gospodarske šumske ceste, jer je u vrijeme realizacije njihovog projekta sirovinaska baza mediteranskih šuma bila neekonomi na za eksploataciju, pa je osnovna zada a izgra enih cesta bila protupožarna (Pi man i dr., 1996). Protupožarne ceste naravno obnašaju i ostale funkcije koje se pri gospodarenju šumama javljaju, pa ove ceste s punim pravom možemo nazvati višefunkcionalnim šumskim cestama (Pi man i dr., 1996). Šumske su protupožarne prometnice posebna vrsta šumskih prometnica koje su planirane, projektirane i izgra ene s osnovnom zada om preventivne zaštite šuma od požara. U slu aju izbijanja požara moraju omogu iti što je mogu e bolje uvjete za njegovo suzbijanje (Pentek 2002). Budu i je podru je Mediterana najugroženije šumskim požarima i ujedno turisti ki najatraktivnije, te budu i je cjelokupno gospodarstvo Republike Hrvatske posebno zainteresirano upravo za to podru je, nužno je poduzeti sve potrebite korake koji e dovesti do radikalnog smanjenja šumskih

požara. Jedan od velikih koraka koji vodi ka ostvarenju tog cilja je i optimalno otvaranje šuma mediteranske krške zone s gledišta dostupnosti ugroženih područja interventnim vatrogasnim vozilima. Šumske protupožarne ceste vezane su za krško područje mediterana i submediterana gdje su šumski požari, od sveukupnosti biotskih i abiotskih štetnika, dominantan štetni imbenik po opstojnost šuma. Osnovna odnosno primarna zadaća ovih cesta nalazi se u okviru preventivnih mjera borbe protiv šumskog požara, a u slučaju njegova nastanka, moraju omogućiti što povoljnije uvjete za njegovo suzbijanje. Ove ceste obnašaju i sve ostale zadaće koje se javljaju pri gospodarenju šumama, a propisane su Programom gospodarenja te ih s pravom nazivamo višefunkcionalnim šumskim cestama.

### **2.1.2. Osnovne zadaće šumskih protupožarnih cesta**

Prema definiciji šumskih protupožarnih cesta vidljivo je da su one prvenstveno projektirane za zaštitu odnosno prevenciju šuma od šumskih požara. Osnovne ili primarne zadaće ove vrste šumskih prometnica mogu se razdijeliti u četiri osnovne skupine:

a) Sve zadaće koje doprinose preventivnoj i represivnoj borbi protiv šumskih požara:

- obavljanje službe patroliranja prema planu zaštite šuma od požara;
- u slučaju izbijanja požara šumska protupožarna cesta, ukoliko je propisno održavana, služi kao neprelazni vatrobrani pojas;
- vrlo često predstavljaju granicu odjela te ukoliko je šumska protupožarna cesta izgrađena u kombinaciji sa protupožarnim prosjekama koje se protežu okomito na nju, čine vanjsku granicu područja izvan kojega se šumski požar ne može dalje širiti;
- pružaju mogućnost dolaska vatrogasnih interventnih vozila na mjesto nastanka požara u kraćem vremenskom intervalu, kao i brže naknadno dovoženje vode;
- omogućuju prometovanje vozilima hitne pomoći te vozilima za prijevoz ljudi i opreme;
- služe kao idealno mjesto gdje vatrogasne postrojbe sa ekati nadolaze u vatrenu stihiju;
- predstavljaju mjesta do kojih se vatra širi kod lokaliziranja požara metodom paljenja predvatre odnosno mjesta odakle požare suzbijamo taktikom paljenja protuvatre;
- ostale mjere.

b) Sve zadaće pri radovima propisanim Programom gospodarenja:

- u uzgajanju šuma,
- u uređivanju i izmjeri šuma,

- u zaštiti šuma,
- u iskorištavanju šuma (pridobivanju drva),
- u lovstvu i lovnom turizmu,
- u ostalim radovima u šumarstvu.

c) Sve zada e i aktivnosti pri radovima korisnika šumskih protupožarnih cesta izvan šumarstva.

d) Ostale zada e. (Pi man, 2011)

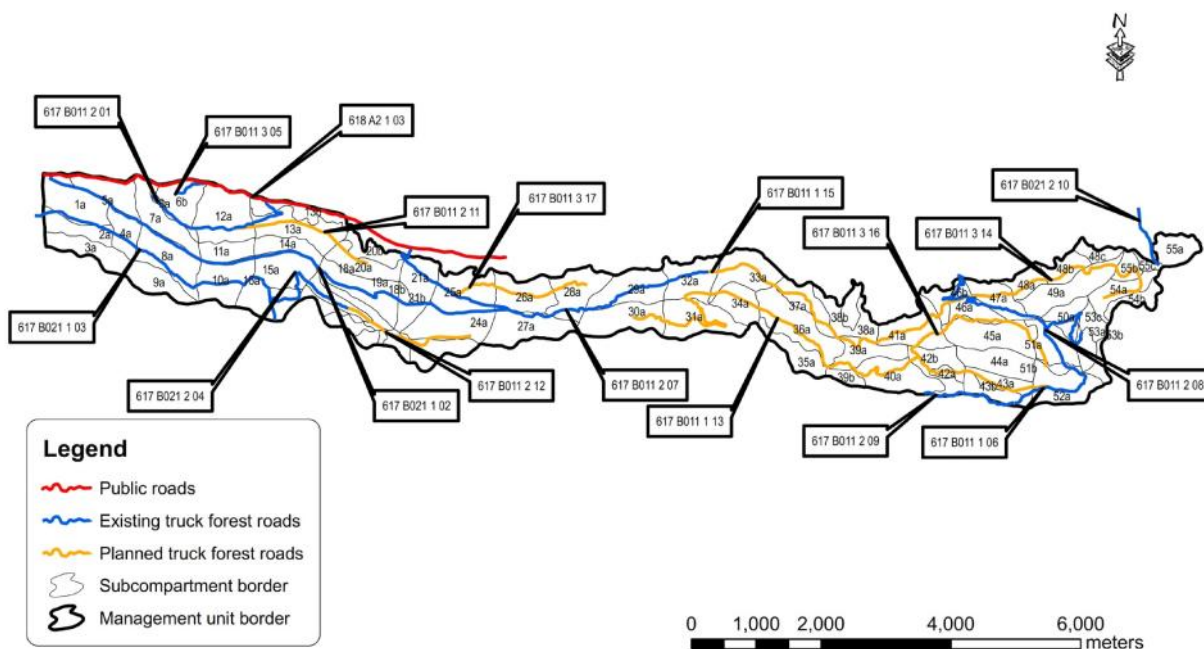
## 2.2. OTVORENOST ŠUMA

Otvorenost šuma odre uje se kao odnos ukupne duljine odre ene vrste šumske prometnice i ukupne površine na kojoj se one nalaze. Stupanj otvorenosti pojedinog šumskog podru ja govori o tome kolika je njegova otvorenost. Kod otvorenosti šuma razlikujemo sadašnju (postoje u) i optimalnu (ciljanu) otvorenost. Kona ni cilj otvaranja šuma je postizanje optimalne otvorenosti. Optimalna otvorenost izra unava se posebno za svako šumsko podru je. Treba naglasiti da dva istovjetna šumska podru ja, s obzirom na mnoštvo imbenika koji utje u na optimalnu otvorenost, ne postoje, ma kako ona bila sli na (Pi man, 1994).

Optimalna otvorenost gospodarskih šuma ovisi o nizu imbenika, te postoje razne metode za izra un ove veli ine. Ve ina metoda polazi od pretpostavke da se ceste nalaze na jednakom me usobnom razmaku (od osobite važnosti za protupožarne prometnice) i da je drvena masa jednako raspore ena po površini. Samo u nizinskim šumama u kojima se prometnice izvode po prosjekama, me usoban razmak može biti jednak i samo u tom sluaju teoretski model ima svoje opravdanja. Sve šumske ceste koje otvaraju gospodarske šume nemaju isti utjecaj na otvorenost, za razliku od šumskih protupožarnih prometnica koje sve imaju isto, zna enje, ulogu i utjecaj na zaštitu šuma od požara. Temelj svih metoda za izra un optimalne otvorenosti šumskog podru ja jest traženje sveukupnih minimalnih troškova i to:

- troškova privla enja drva
- troškova prijevoza drva
- troškova izgradnje šumskih cesta
- troškova održavanja šumskih cesta
- troškova gubitka proizvodne površine radi izgradnje cesta
- ostalih troškova.

Kod šumskih protupožarnih cesta ne može se govoriti o minimalnim sveukupnim troškovima kao modelu određivanja optimalne otvorenosti sve dok se ne iznađe mogućnost kvantifikacije opsekorisnih funkcija šume i neizravnih koristi od mreže šumskih cesta.

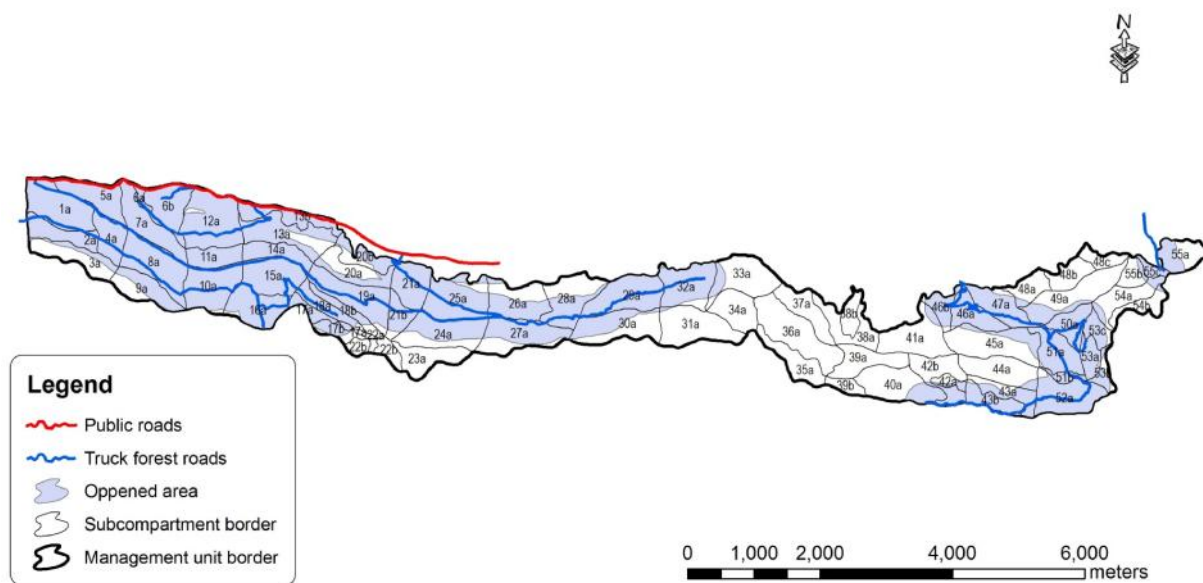


Slika 7. Prikaz otvorenosti mrežom prometnica

Pravilnim rasporedom i odgovarajućom količinom šumskih cesta postiže se određena otvorenost, koja kao pozitivnu posljedicu ima najpovoljniji pristup šumskoj površini ili najpovoljniju otvorenost. S obzirom da u određenoj trenutku gospodarska šuma može biti izložena šumskom požaru, s gledišta funkcionalnog načela otvaranja šuma, tada možemo razlikovati: šumske gospodarske ceste i šumske protupožarne ceste. Otvaranje krških šuma zahtijeva izradu studije otvaranja uz uvažavanje ovih osnovnih značajki:

- okolišno-ekološki i sociološko-estetski kriteriji procjene optimalnosti,
- mozaičan raspored odjela i odsjeka ispresijecan privatnim šumoposjedima,
- mnoštvo zaštićenih područja različitih kategorija zaštite,
- postojanje područja bez programa gospodarenja po gospodarskim jedinicama,
- nedostatak kvalitetnoga katastra šumskih prometnica,
- relativna otvorenost i srednja daljina pristupa površini,
- nepostojanje GIS-a,
- potrebna međusobna udaljenost šumskih protupožarnih cesta od 300 do 600 m.

Za šume krškog područja u kojem op ekorisne funkcije šuma zna ajno i višestruko nadmašuju proizvodnju drvnih sortimenata, a sirovinaska baza nije dostatna za realizaciju optimalne otvorenosti, karakteristi ne su šumske protupožarne ceste. Sve šumske ceste koje se grade za potrebe zaštite šuma od požara utje u cijelom duljinom u obra un otvorenosti šumskog područja. Minimalna otvorenost šuma je prijelazni stupanj k optimalnoj otvorenosti. (Pi man, 2007)



Slika 8. Prikaz relativne otvorenosti ome enom površinom

Relativna otvorenost [%] daje dobar uvid u prostorni razmještaj šumskih cesta i njihovu stvarnu u inkovitost i pokazuje nam koliko je površine odre enog šumskog područja otvoreno. Podru je primjene relativne otvorenosti šuma posebice je vezano uz krško područje, gdje se grade šumske protupožarne ceste, a cjelokupan postupak otvaranja je manje-više vezan samo uz ceste. Šumske vlake ne mogu na sebe preuzeti zada e šumskih protupožarnih cesta, osim u iznimnim slu ajevima kada su to šumski traktorski putovi izvedeni prema tehni kim karakteristikama šumskih cesta.

Kod šumskih protupožarnih cesta ne govorimo o srednjoj udaljenosti privla enja jer krške šume ve im djelom nisu gospodarski isplative ve uvodimo veli inu srednje udaljenosti pristupa ugroženoj površini , koja može biti geometrijska, odnosno stvarna ukoliko je korigirana s imbenikom nagiba terena i imbenikom horizontalnog zaobilazanja.

Za odre ivanje srednje udaljenosti pristupa ugroženoj površini koristi se teoretski model kod kojeg ova duljina iznosi  $SPG = 1/2$ . Oko svake ceste postavljaju se „bufferi“ kod kojih je

udaljenost od osi ceste sa svake strane jednaka i iznosi. Uz pravilan raspored šumskih protupožarnih prometnica teorijski se može postići pokrivenost itavog područja „bufferima“ blizu 100%.

Teorijski model služi za određivanje ukupne količine, a izvodi se prema modelu izražena (određivanja) srednje udaljenosti privlačenja:

- za privlačenje (gospodarske šume – govorimo o stablima):

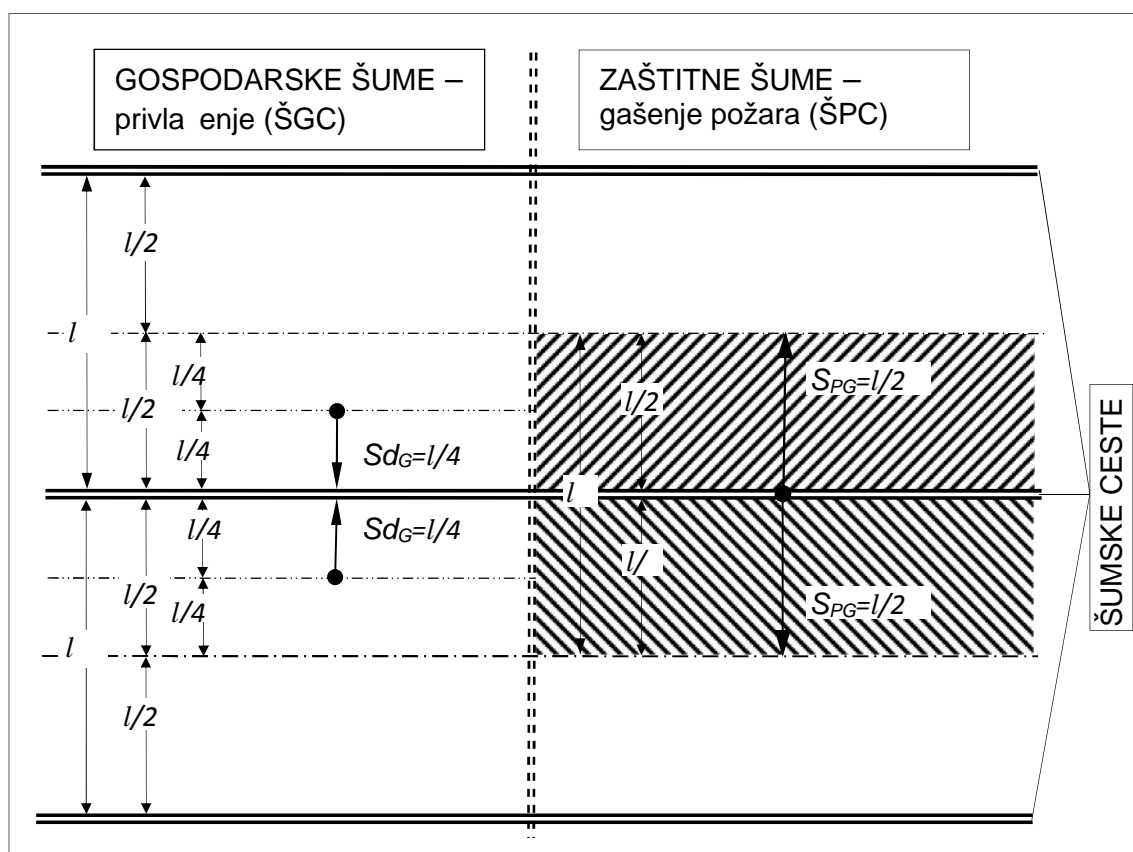
$Sd_G = l/4$  – za privlačenje s obje strane šumske ceste,

$Sd_G = l/2$  – za privlačenje s jedne strane šumske ceste,

- za zaštitu od požara (zaštitne šume – govorimo o površini):

$S_{PG} = l/2$  – ako se površina štiti s obje strane šumske ceste

$S_{PG} = l/1$  – ako se površina štiti s jedne strane šumske ceste.



Slika 9. Teorijski model određivanja srednje udaljenosti pristupa ugroženoj površini

Iz ovih na ina izra una vidi se osnovna razlika u potrebnoj udaljenosti za dva osnovna tipa šuma, pri emu treba napomenuti da srednja udaljenost privla enja nije fiksna, dok je srednje udaljenosti pristupa ugroženoj površini fiksna. Ovaj teorijski model danas je mogu e u potpunosti provesti uporabom ososbnog ra unala i odgovaraju ih pograma. Odre ivanje srednje udaljenosti ugrožene površine povezano je s metodom ome enih površina – „buffera“ i relativnom otvorenosti šuma.

Ova metoda ima za cilj odre ivanje optimalne koli ine šumskih protupožarnih cesta s obzirom na potrebne zahtjeve vatrogasnih postrojbi pri gašenju šumskih požara, uklapanju u poznata saznanja šumarske prakse te iznalaženje najboljih rješenja.



### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Uprava šuma podružnica Split jedna je od 16 uprava u sastavu Hrvatskih šuma, a bavi se gospodarenjem šumama i šumskim zemljištem između Paškog mosta i Prevlake, na prostoru četiri županije: Zadarske, Šibensko-kninske, Splitsko-dalmatinske i Dubrovačko-neretvanske. Ukupna je površina koju pokriva Uprava šuma podružnica Split 563.804,38 ha, a to je u Hrvatskim šumama najveća površina koju pokriva jedna uprava. Od ukupnih šumskih površina o kojima brine ta uprava obraslih je 444.175,16 ha, neobraslih 105.825,20 ha, a neplodnih 13.804,02 ha, dok je neuređene površine 50.000 ha. Taj prostor sjedinjuje razvedenost i ljepotu jadranske obale s ukupno 986 otoka (dio je u sastavu otoka šumarija – Brač, Hvar i Korčula) te prirodno i nacionalno bogatstvo kao što su četiri nacionalna parka (Paklenica, Kornati, Krka i Mljet) i pet parkova prirode (Velebit, Telašćica, Vransko jezero, Biokovo i Lastovo). S obzirom na svoje prirodne značajke (krajobrazne, hidrogeološke, geomorfološke, vegetacijske i one što se odnose na floru i faunu) to područje sjedinjuje najviše hrvatskih posebnosti. Ukupnom jedinstvenosti, bogatstvom endemskih vrsta, svojstima i životnih zajednica predstavlja izuzetnu vrijednost i u svjetskim razmjerima.

Unutar Uprave šuma Podružnica Split djeluje 17 šumarija:

1. Šumarija Benkovac
2. Šumarija Biograd
3. Šumarija Brač
4. Šumarija Drniš
5. Šumarija Dubrovnik
6. Šumarija Hvar
7. Šumarija Imotski
8. Šumarija Knin
9. Šumarija Korčula
10. Šumarija Makarska
11. Šumarija Metković
12. Šumarija Obrovac
13. Šumarija Sinj

14. Šumarija Split

15. Šumarija Šibenik

16. Šumarija Vrgorac

17. Šumarija Zadar

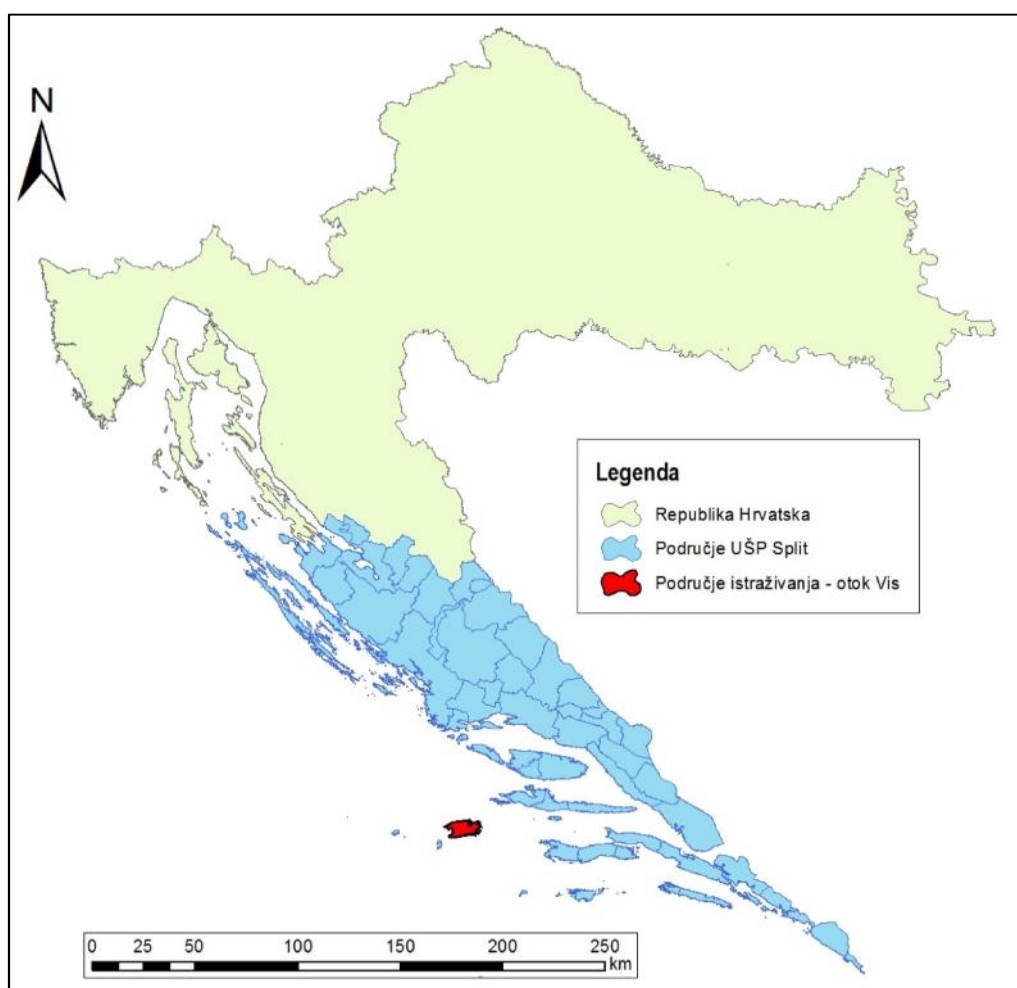
One su temeljni organizacijski oblik, a u stru nim službama ima devet odjela (proizvodni, komercijalni, planski i analiti ki, za lovstvo, ekologiju, ure ivanje, pravni, kadrovski i op i, financijsko-ra unovodstveni te informati ki).

Uprava gospodari s tri državna lovišta, Sv. Ilija (Orebi ), Musapstan (Bokanja ko blato) i Biokovo (Makarska) te uzgajalištem divlja i Oštrica (Šibenik), a u njima se nalazi 350 divokoza, 250 muflona, 80 divljih svinja te ostale sitne divlja i (zec, fazan i jarebica). U sastavu UŠP Split nalazi se i sedam šumskih rasadnika, raspore enih u šest šumarija, koji se bave isklju ivo sadnjom kontejnerskih sadnica etinja a i lista a za potrebe pošumljivanja, a proizvede se 1.040.000 sadnica na godinu za vlastite potrebe. Raspolažu i s osam apartmana na otoku Mljetu, tri na Kor uli i dva na Hvaru, što zaljubljenicima u šume priobalja može pružiti neposredno uživanje u ljepotama i bogatstvu šume. Od radova biološke reprodukcije splitska uprava na godinu izvede na 650 ha radove na podizanju šuma (pošumljavanja i popunjavanja), na 750 ha radove na njegovanju šuma (pod zastorom krošanja, mladika, pišüenje tzv. koljika i letvika te panja a i prorje ivanje sastojina), izgradnji i održavanju protupožarnih prometnica (u prosjeku 145 km na godinu), na 550 ha radove na suzbijanju biljnih štetnika (borov etnjak), na 200 ha radove na pripremi staništa te na 250 ha radove na sanaciji požarišta. Ujedno se odradi 39.500 radnih dana na zaštiti šuma od požara i 32.200 radnih dana na uvanju šuma, a prema godišnjim planu posije e se 6000 m<sup>3</sup> raznih drvnih sortimenata. Jedan je od glavnih zadataka uprave, primjena je svih pozitivnih propisa za zaštitu šuma i šumskog zemljišta. Na krševitom podru ju najve u su opasnost za šume šumski požari pa se mnogo novca ulaže u preventivnu zaštitu. Svake godine Hrvatske šume ulažu 100 milijuna kuna za protupožarne preventivne radove, od ega najviše na podru ju splitske uprave. Protupožarnim preventivnim mjerama pripadaju organizacija promatra ke protupožarne službe, izgradnja i održavanje motrilišta, izgradnja i održavanje protupožarnih prometnica, postavljanje znakova upozorenja te uvanje šuma. Budu nost je, drže u Upravi šuma Podružnica Split, u daljnjem razvoju šumske ekologije, o uvanju i zaštiti postoje ega šumskog fonda te maksimalnoj angažiranosti cjelokupnoga stru nog osoblja na ure ivanju šuma.

### 3.1. GOSPODARSKA JEDINICA VIS

Vis (tal. Lissa i starogr ka , Issa) je istureni hrvatski otok u Jadranskom moru. Od kopna je udaljen 45 km.

Površina otoka iznosi 90,3 km<sup>2</sup>. Ukupna duljina obale Visa je 77 km. Oko otoka Visa se nalaze brojni manji otoci i oto i i. Klima na otoku je sredozemna. Budu i da je otok dosta udaljen od ostalih otoka i kontinentalnog kopna, odnosno dosta je usamljen na pu ini, Vis je izložen ja em vjetru nego susjedni jadranski otoci.



Slika 10. Podru je istraživanja

Gospodarska jedinica Vis podijeljena je na 53 odjela i 289 odsjeka. Prosje na površina odjela je 50,53 ha, a prosje na površina odsjeka je 9,27 ha. Najve i je odjel 4 s površinom 118,8 0 ha, a najve i odsjek je 29C s površinom 68,28 ha. Najmanji odjel je 38 s površinom od 8,59 ha, a najmanji odsjek je 36e površine 0,02 ha (zasebna enklava).

Cilj gospodarenja je o uvanje stabilnosti ekosustava uz potrajno gospodarenje, zadovoljavanje op ekorisnih funkcija ovih šuma i pove anje produkcije najve e kvalitete i vrijednosti.

#### **4. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Postavljeni cilj istraživanja ovog rada je utvrditi postoje li protupožarna prometna infrastruktura na odabranim područjima UŠP Split te položaj javnih i dobrovoljnih vatrogasnih postrojbi tog područja. Položaji će se javnih i dobrovoljnih vatrogasnih postrojbi utvrditi za cjelokupno područje Uprave šuma podružnica Split, ali će zbog obima podataka u radu biti prikazane samo one vatrogasne postrojbe istraživanih područja.

Analizom će se postojeća protupožarna infrastruktura sa simuliranim pozicijama eventualnog požara odrediti vrijeme potrebno za dolazak pojedine ekipe za gašenje požara te predložiti daljnje mjere za skraćivanje vremena dolaska na mjesto intervencije.

Dostupne će se površine (mjesta intervencije) simulirati kako bi se pokrilo u potpunosti i jednoliko cjelovito područje istraživanih područja. Vrijeme intervencije ovisi o maksimalnim dozvoljenim brzinama kretanja vatrogasnih vozila pa će se i kategorizacija protupožarnih prometnica simulirati sukladno vrsti i stanju same prometnice te vrsti kolničke konstrukcije.

U istraživanju će se promatrati samo one protupožarne prometnice koje odgovaraju mogućnosti dostupa raspoloživim vatrogasnim vozilima na istraživanom području.

## 5. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Sa aspekta GIS-a, mreža je skup me usobno povezanih elemenata mreže (Stojni , 2016) preko kojih ljudi, roba, sredstva ili informacije mogu kolati. Mrežu puteva ine segmenti (veze) odvojeni sa dva to ke koje su predstavljene raskrš em i krajem mreže (slijepi putevi). *ArcGIS Network Analyst* predstavlja alat koji omogu ava analizu baziranu na kompleksnim algoritmima upravljanja mrežama. Spomenuti je alat našao široku primjenu u odre ivanju najkra ih ili najbržih putanja kretanja, udaljenosti i vremena transporta, zatim u odre ivanju podru ja na kome je isplativo vršiti dostavu ili pružati usluge, odre ivanju najbližih ustanova i dr.

U ovom radu je alat *ArcGIS Network Analyst* korišten za odre ivanje najbrže putanje i vremena pristupa površini, odnosno simuliranoj poziciji intervencije u odnosu na položaj stacionarnih vatrogasnih postrojbi. Osnova za analizu je ure en katastar primarnih prometnica na podru ju gospodarske jedinice Vis, pa su tako prometnice podijeljene prema maksimalnoj brzini kretanja. U obzir su uzete:

1. javne ceste sa asfaltnim kolnikom,
2. nerazvrstane ceste s asfaltiranim i tucani kim kolnikom i
3. šumske protupožarne ceste sa tucani kim kolnikom.

Pored toga, analiziraju i mrežu šumskih prometnica, uo eno je da na pojedinim putnim pravicima postoje ograni avaju e okolnosti zbog kojih je onemogu eno kretanje vatrogasnih vozila. Ograni avaju e okolnosti uglavnom su bile u vidu izraženih ošte enja kolni ke konstrukcije. Takva su mjesta isklju ena iz daljnje analize.

Pozicije su intervencija, za ovaj rad, odre ene slu ajnim odabirom pravilnog prostornog rasporeda. Izdvojeno je 20 pozicija (prostorne pozicije mjesta intervencije) prema kojima je izvršena analiza vremena pristupa površini.

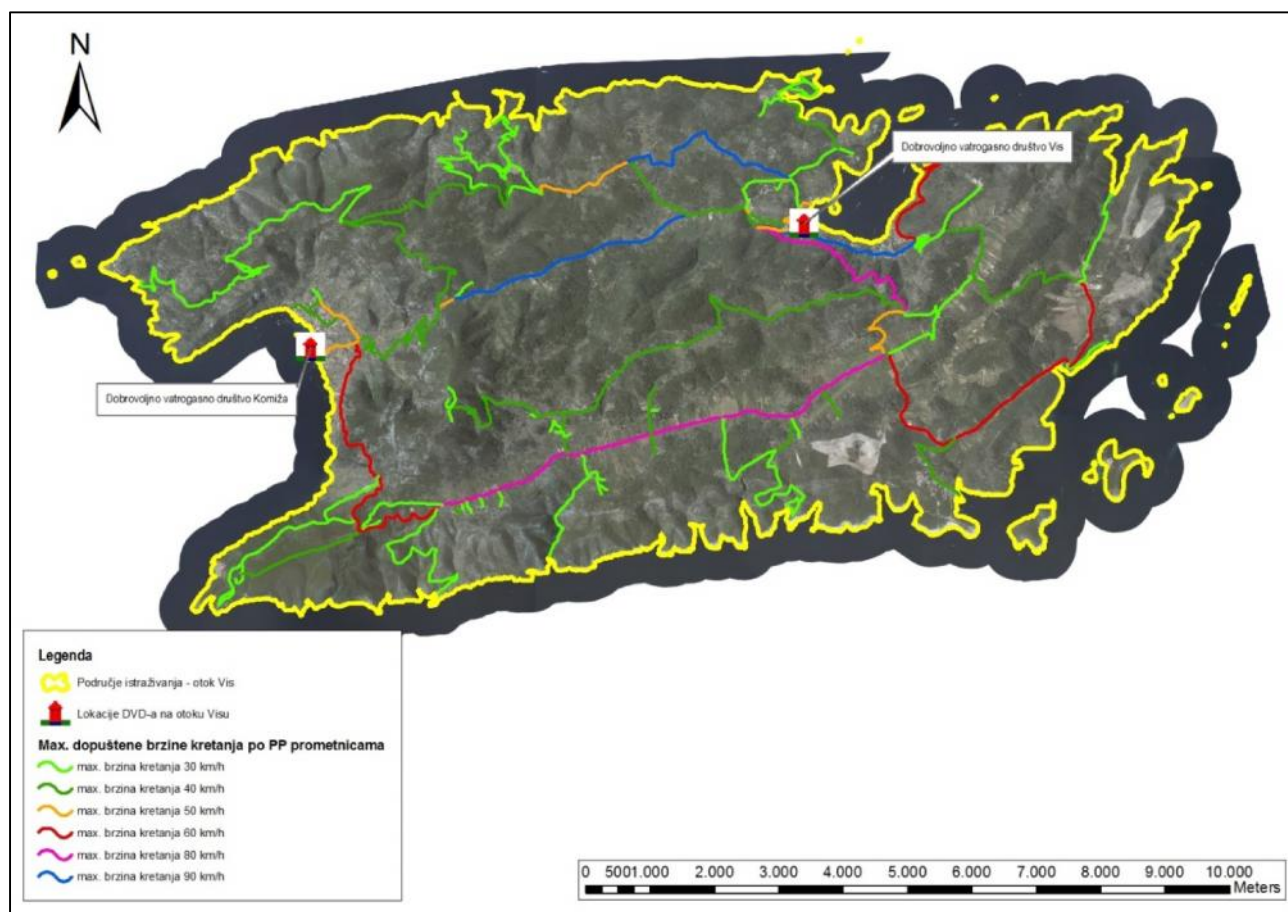
Na kraju, u obzir je uzeta injenica da prijevoz koji se odvija na kratkim udaljenostima uti e na smanjenje prosje ne brzine kretanja vatrogasnih vozila. Ovu injenicu ustanovili su i Nurminen i dr. (2007) koji navode da se prosje na brzina kretanja pove ava sa pove anjem duljine prijevoza bez obzira na kategoriju prometnice.

Kao brzine kretanja vatrogasnih vozila uzete su maksimalne brzine od: 30, 40, 50, 60, 80 i 90 km/h.

Vrijeme pristupa površini mjestu intervencije izrađeno je po slijedećoj formuli:

$$T=L/(\max. v)*60 [\text{min}]$$

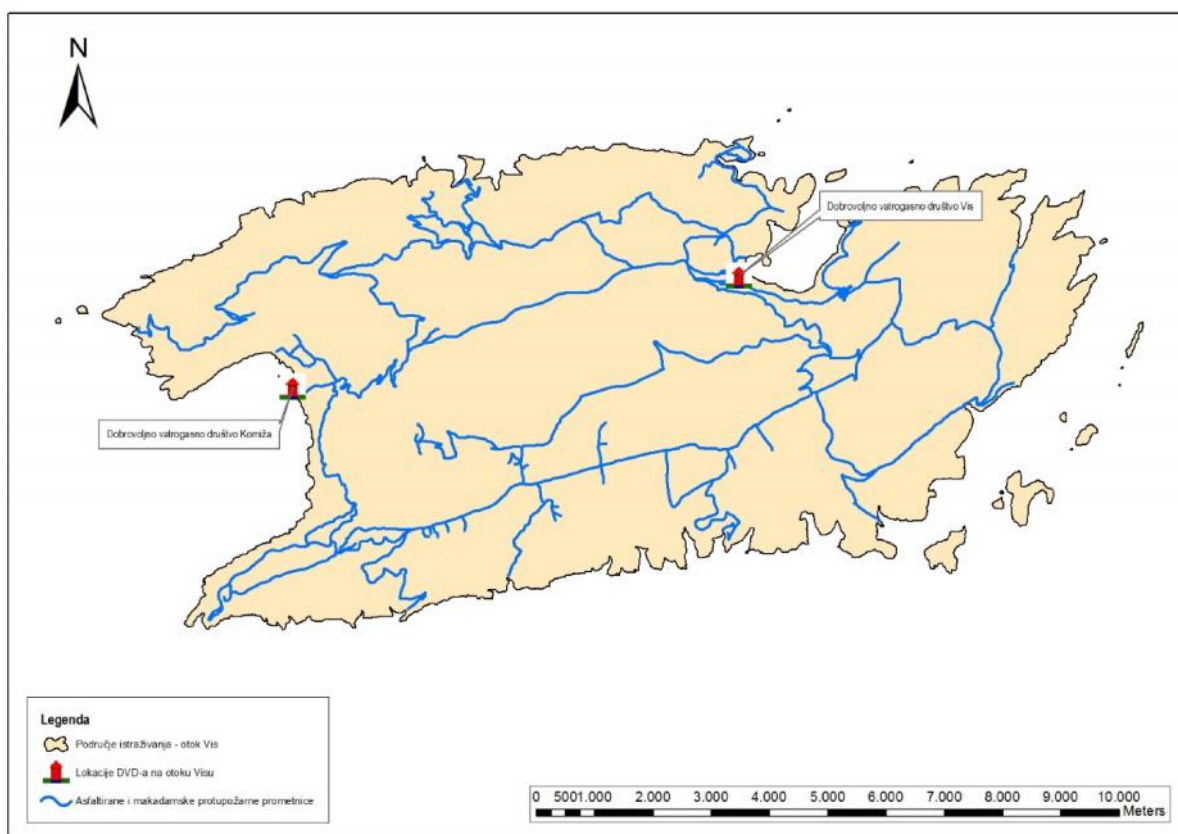
gdje je: T – vrijeme pristupa površini [min], L – dužina puta [km], v – maksimalna brzina kretanja kamiona [km/h]. Vremena pristupa površini [T] izražena su u decimalnom obliku, a preračunavanje u minute i sekunde nije bilo potrebno.



Slika 11. Maksimalne brzine kretanja po pojedinoj prometnici

## 5. REZULTATI

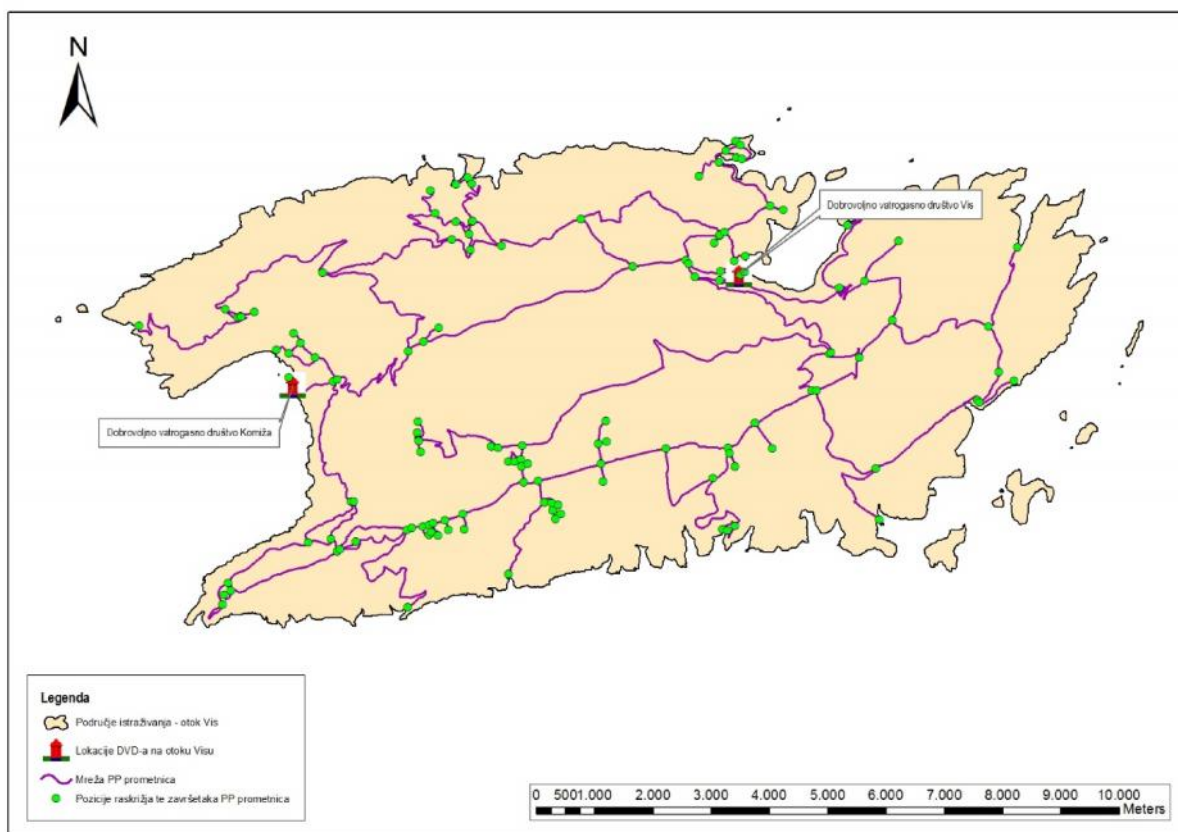
Promatrano s aspekta GIS-a, bilo je potrebno utvrditi jedinstvenu i to nu mrežu protupožarnih prometnica. Za potrebu ovoga rada su korišteni podaci Hrvatskih šuma, UŠP Split. Alati korišteni u ovome radu omogu ili su nam izradu katastra koji je predstavljao ulazni podatak za sve potrebne analize. Ukupna duljina protupožarnih prometnica korištenih u ovome radu iznosi 127,64 kilometara, a postoje e su protupožarne prometnice razdijeljene u 149 odsje aka istraživane mreže.



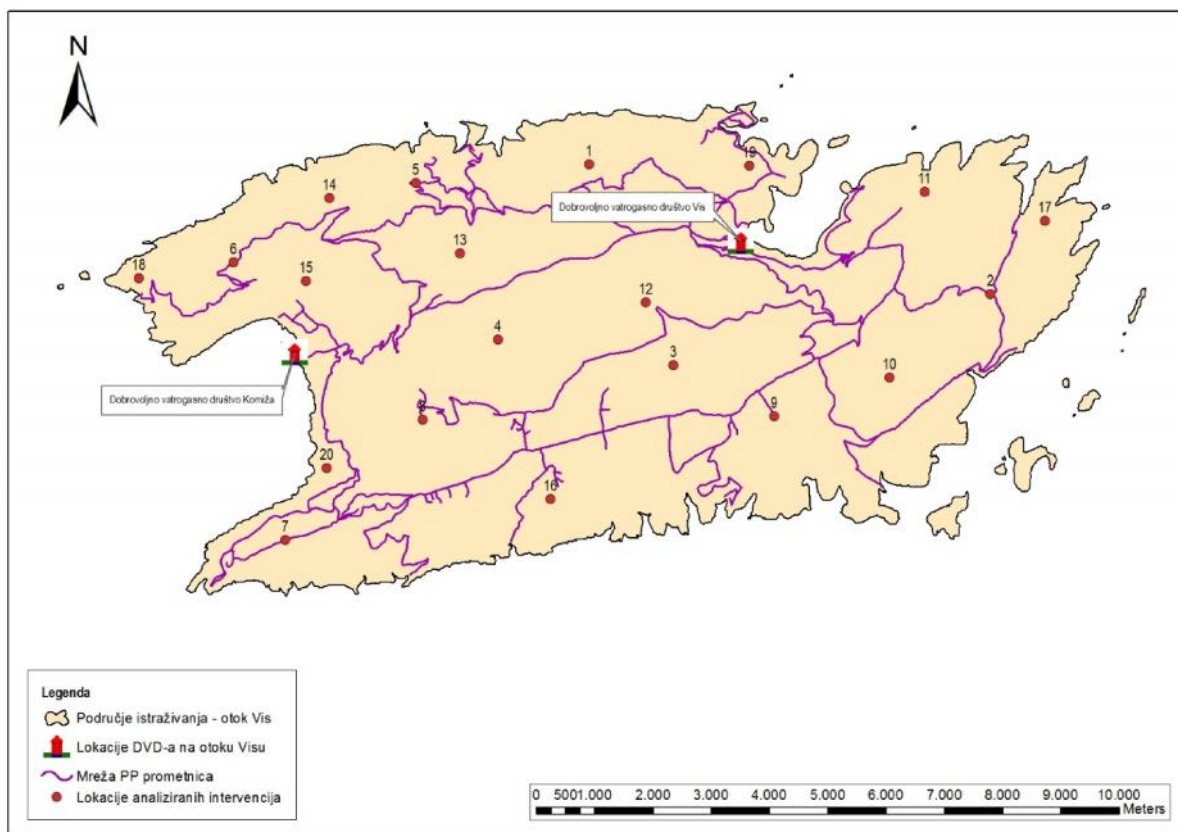
Slika 12. Primarna prometna infrastruktura – javne i šumske protupožarne ceste

Mreža protupožarnih prometnica razdijeljena je na segmente koji su definirani to kama sjecišta odnosno raskrš a i završecima cesta zbog samog alata i predstavljaju obavezni me ukorak. Za svaki segment odre ena je maksimalna brzina kretanja. Takva ure ena mreža prometnica preduvjet je za sve daljnje analize, a ujedno predstavlja i bazu na kojoj je mogu e, promjenama podataka, posti i optimalno rješenje zadano krajnjim korisnikom.





Slika 13. Početci i završeci sastavnica cjelokupne promatrane mreže



Slika 14. Prostorne pozicije mjesta intervencije – simulacija požara

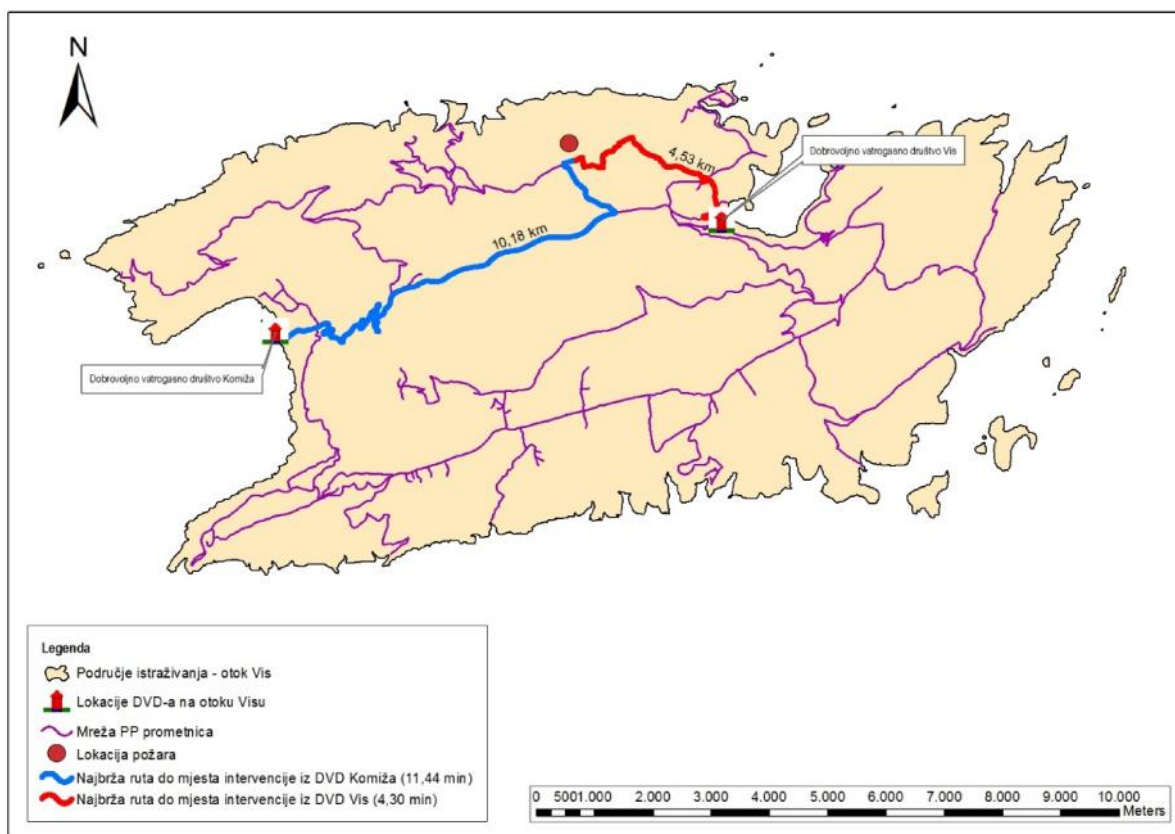
Slučajnim odabirom je određeno 20 točaka na cijelom području istraživanja koje predstavljaju simulirana područja nastanka požara (slika 14). Točke su određene brojevima od 1 do 20. Za svaku točku je izvršena analiza potrebnog vremena za intervenciju sa dvije lokacije: DVD Komiža i DVD Vis kao što je prikazano u tablici 1.

Za svaku točku određena je udaljenost iz stacioniranih položaja dobrovoljnih vatrogasnih društava koja je izražena u km te vrijeme potrebno za intervenciju izraženo u min. Rezultati analize pokazali su da iako je za neke lokacije (lokacija: 6, 14, 18) manja udaljenost iz DVD Komiža, brža je intervencija iz DVD Vis. Razlog tomu je konfiguracija terena te kategorije prometnica oko područja Komiže koje uvjetuju manju maksimalnu brzinu kretanja vatrogasnih vozila te je samim tim potrebno i duže vrijeme do dolaska na mjesto intervencije. Interesantan je pokazatelj i za poziciju 13 intervencije koja je geometrijskom udaljenošću bliža gradu Komiži nego Visu ali je zbog loše prometne mreže prema toj lokaciji udaljenost i brzina vožnje puno kraća iz grada Visa nego iz Komiže.

Analiza alatom *ArcGIS Network analyst* prikazuje nam najbržu rutu na simulirano mjesto nastanka požara kao što je prikazano na slici 15.

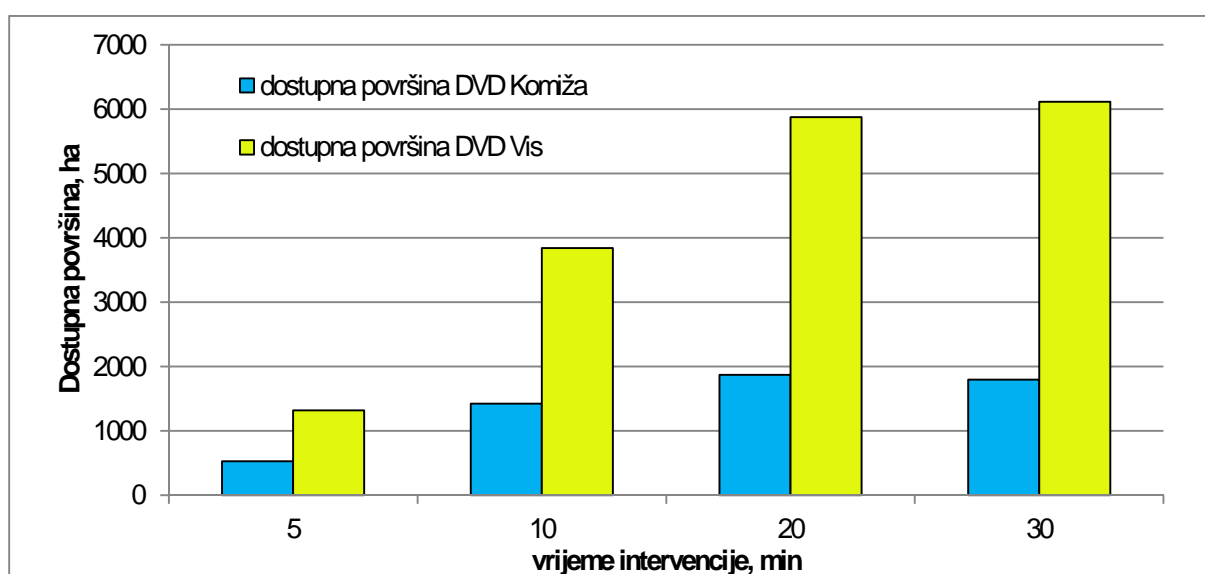
Tablica 1. Vrijeme intervencije i udaljenosti za simulirana mjesta nastanka požara

Redni broj lokacije intervencije	DVD Komiža		DVD Vis	
	vrijeme intervencije	udaljenost	vrijeme intervencije	udaljenost
	min	km	min	km
1	11,44	10,18	4,3	4,53
2	18,41	20,04	10,97	8,48
3	13,49	12,07	10,45	8,7
4	7,56	5,97	4,65	4,71
5	17,24	13,63	10,34	8,33
6	17,74	10,93	17,16	12,67
7	6,56	5,86	14,93	16,32
8	13,99	12,33	15,95	15,27
9	12,25	13,42	7,78	7,78
10	15,38	17,07	9,21	9,15
11	18,4	15,23	8,8	6,44
12	14,45	12,71	9,49	8,06
13	14,93	12,51	8,02	7,22
14	13,25	8,69	12,68	10,42
15	2,78	2,18	12,51	10,78
16	10,21	9,75	11,79	12,18
17	21,71	21,69	14,27	10,13
18	24,45	14,29	23,87	16,02
19	15,64	12,25	4,97	2,93
20	4,79	4,12	14,73	12,9

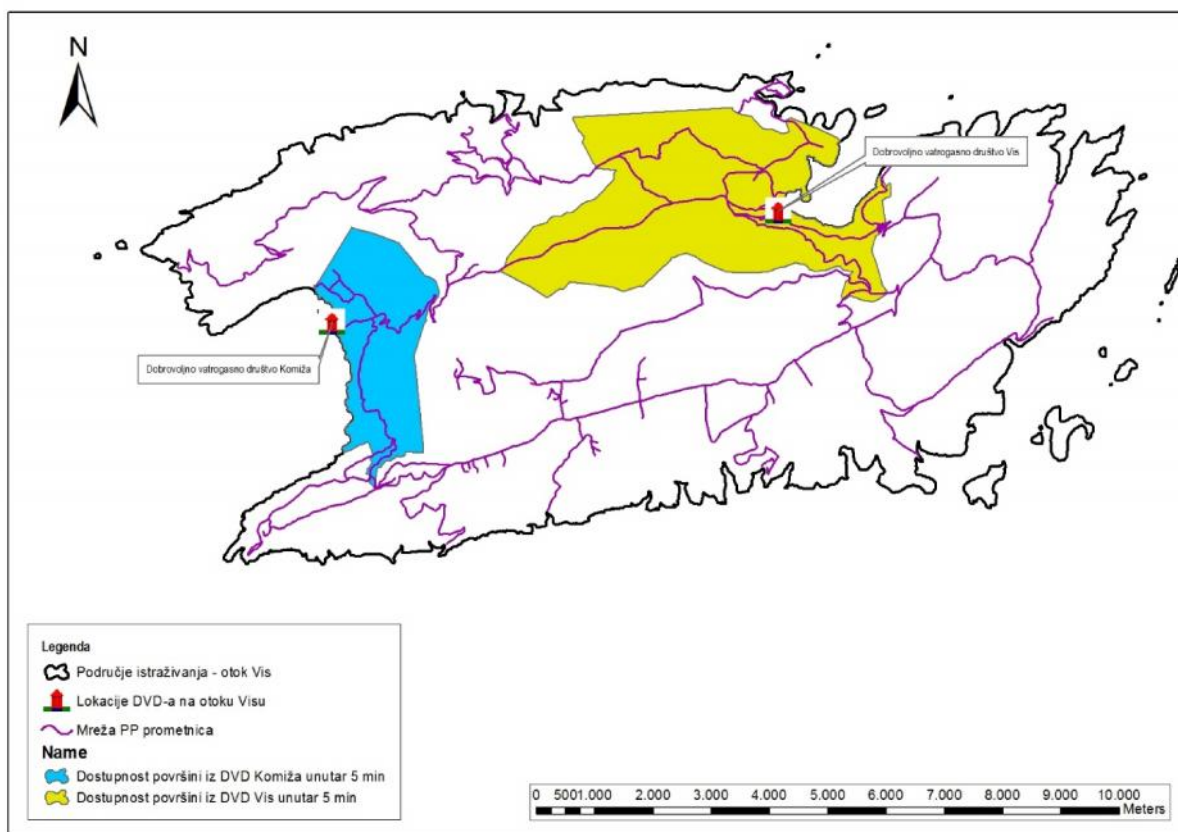


Slika 15. Primjer udaljenosti pristupa jednoj od simuliranih pozicija intervencije

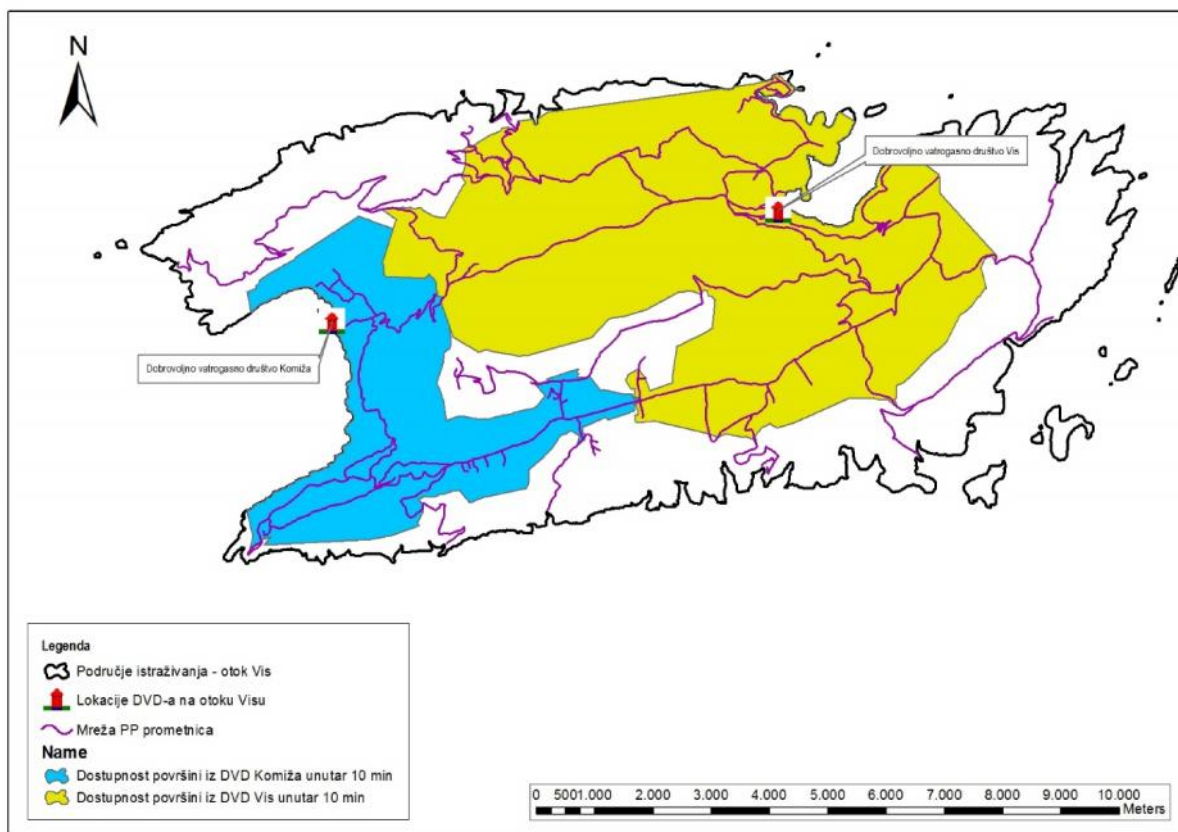
Daljnjom analizom utvrđena je dostupna površina sa svake lokacije na koju vatrogasno vozilo može intervenirati unutar 5 min, 10 min, 20 min i 30 min. Površina koju u 5 min može pokriti DVD Vis više je nego dvostruko veća od površine koju pokriva DVD Komiža. Razlog tome su prometnice više kategorije iz smjera grada Visa koje omogućuju brže kretanje vatrogasnih vozila.



Slika 16. Pokrivenost površina sa vatrogasnom potporom s obzirom na vremena dolaska na mjesto intervencije

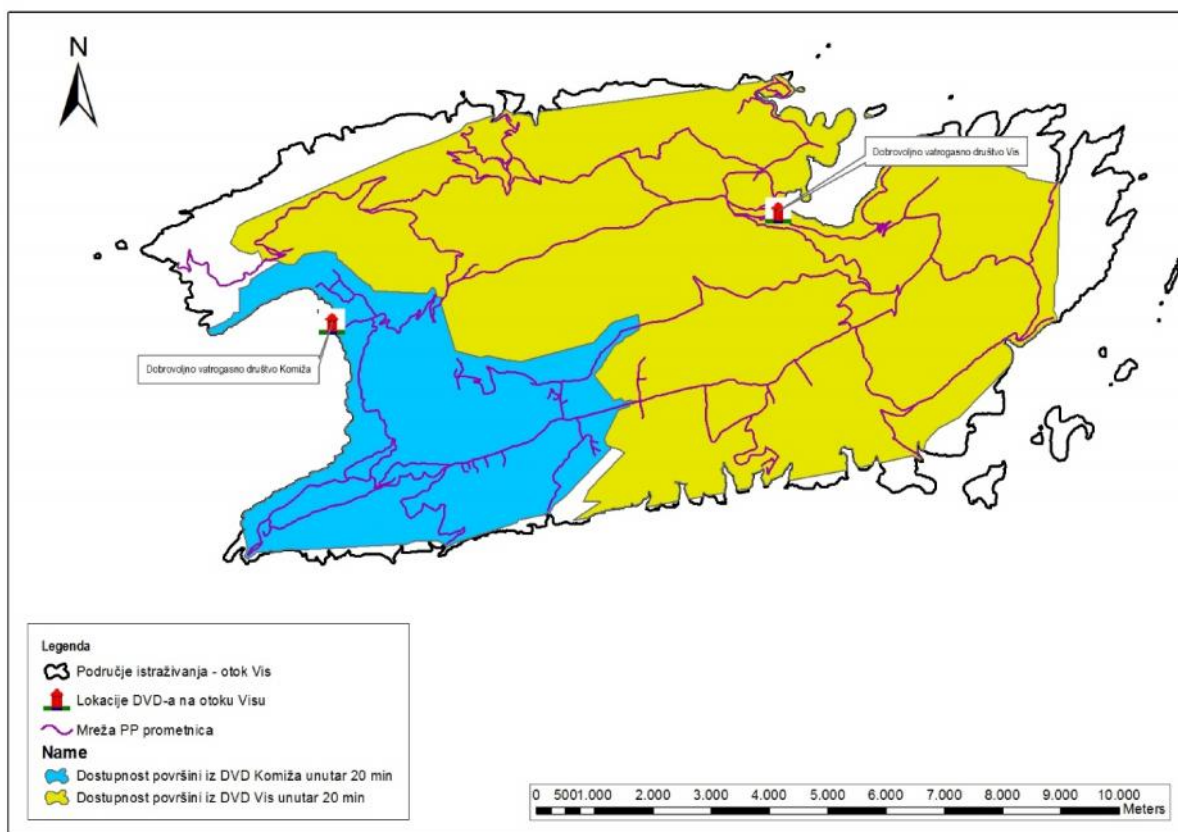


Slika 17. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 5 minuta

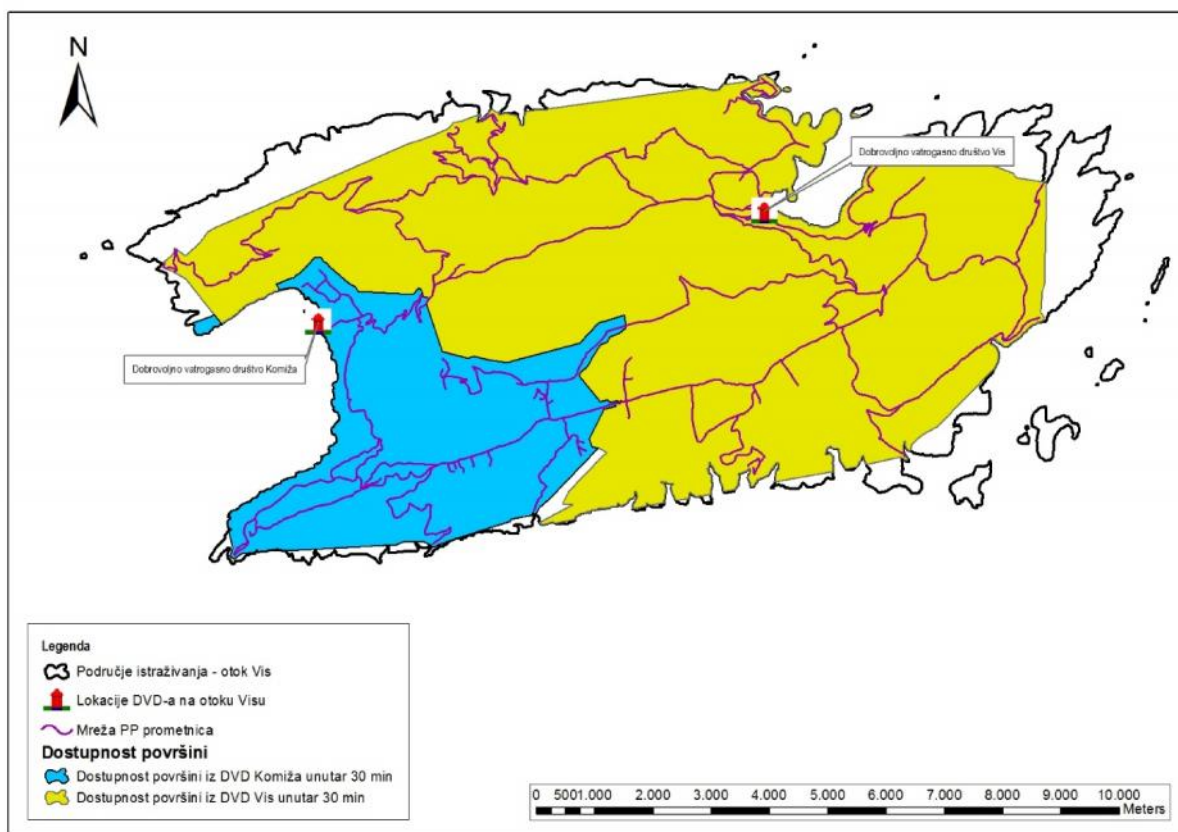


Slika 18. Dostupnost površini maksimalnog dosega od 10 minuta



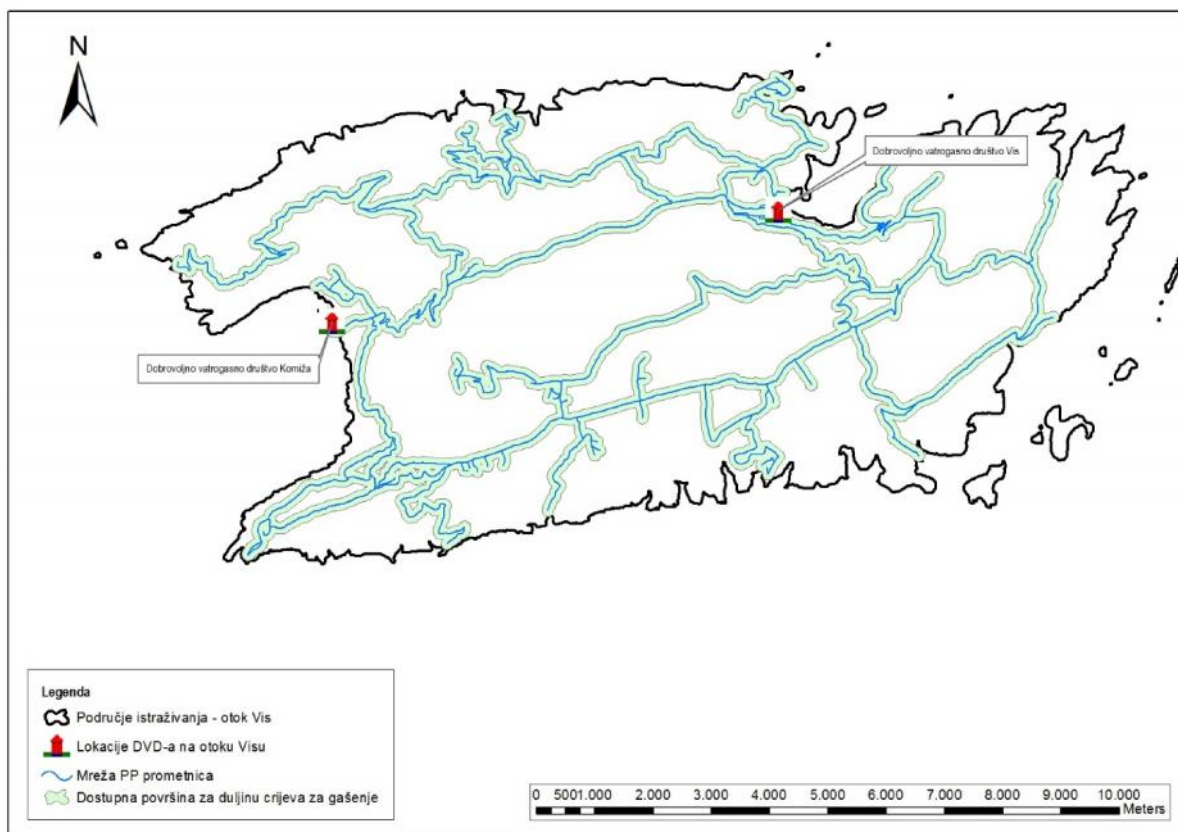


Slika 19. Dostupnost površini maksimalnog doseg od 20 minuta



Slika 20. Dostupnost površini maksimalnog doseg od 30 minuta

Povećanjem vremena interveniranja na 10 min površina pokrivena iz DVD Vis tako je više nego dvostruko veća od površine DVD Komiža. Tako je primjetno da se nakon vremena od 20 minuta povećava samo površina dostupne površine za DVD Vis, dok je za DVD Komiža čak došlo do manjeg smanjenja dostupne površine iz razloga što se pri intervenciji već od 20 minuta dolazi do brzih intervencija od strane DVD Vis na najudaljenijim lokacijama moguće intervencije. To se pripisuje kvaliteti i kategoriji prometnica iz smjera grada Visa na kojima je moguć brži promet zbog već dopuštene maksimalne brzine, ali i zbog dva prometna traka na tim prometnicama.



Slika 21. Prikaz površina dostupnih dosegu simulirane duljine crijeva za gašenje

Analizom alata *Buffer* utvrđene su i prikazane grafički površine kako bi se vidjela pokrivenost površine zaustavljanja požara sa prometnicama u širini 100 m sa svake strane od središta prometnice. U tom slučaju je potrebno koristiti vatrogasna crijeva za gašenje od minimalno 80 m, što sa duljinom mlaza vode daje duljinu dohvata od 100 m.

## 6. ZAKLJUČAK

Istraživano područje otoka Visa (gospodarska jedinica Vis) je odabrano zbog pravilnog oblika te pravilno raspoređene prostorne mreže protupožarnih prometnica. Raznolikost reljefa i terenskih obimbenika predstavlja izazov za svaku GIS analizu jer nailazimo na veliki broj raznovrsnih situacija koje utječu na konačan rezultat dobiven odabranom i za ovo istraživanje prilagođenom metodologijom. Odradene GIS analize su pokazale kako korišteni alati predstavljaju dobar put u pronalaženju i analizi prostornih podataka.

Istraživanje provedeno u ovome radu je ukazalo i na povećanu potrebu za protupožarnim cestama na kojima bi bila moguća veća dopuštena brzina kretanja vozila, ali će to biti ostavljeno otvoreno za neka nova, kompleksnija istraživanja.

Vrijeme dolaska na mjesto intervencije i utvrđivanje dostupnosti površini, odnosno poziciji intervencije predstavlja kompleksan inženjerski poduhvat koji zahtjeva ocjenu alternativnih putanja. Ova činjenica upućuje na neophodnost upotrebe odgovarajućih softvera u planiranju vatrogasne intervencije uslijed požara te sistematsko pretraživanje najpogodnijih putanja.

Daljnja bi istraživanja trebala razriješiti problematiku izgradnje novih protupožarnih prometnica niže kategorije za pristup svim udaljenim i neotvorenim površinama. Također bi bilo zanimljivo planirati alternativno (treće) dobrovoljno vatrogasno društvo na središte otoka Visa čime bi se značajno smanjila brzina dolaska na mjesto intervencije u odnosu na trenutne (prikazane) DVD-ove.

## 7. LITERATURA

1. Bertovi , S. i A.Ž. Lovri , 1987: Vegetacija i kategorije njezine prirodne ugroženosti od požara. Osnove zaštite šuma od požara, CiP, Zagreb, str. 121–134.
2. Bilandžija, J., 1988: Organizacija preventivnih mjera zaštite šuma od požara. Zbornik radova „Drugo savjetovanje o nau no-istraživa kom radu Šumarskog instituta Jastrebarsko“, XXIII (75), Jastrebarsko, str. 205-213.
3. Bilandžija, J., 1992: Prirodno optere enje sastojina alepskog, primorskog i crnog bora šumskim gorivima. Radovi, vol. 27, br. 2, Jastrebarsko, str. 105-113.
4. Bilandžija, J., V. Lindi , 1993: Utjecaj strukture šumskog goriva na vjerojatnost pojave i razvoja požara u sastojinama alepskog bora. Radovi, vol. 28, br. 1-2, Jastrebarsko, 215-224.
5. Bilandžija, J., 1995: Struktura goriva, vjerojatnost pojave i razvoj požara u sastojinama primorskog i crnog bora na Biokovu. Prirodoslovna istraživanja Biokovskog područja, Ekološke monografije 4, HED, Zagreb, str. 293-297.
6. Martinovi , J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj, Šumarski institut, Jastrebarsko i Hrvatske šume d.o.o., p. 521, Zagreb.
7. Rosavec, R., Dominko, D., Bari , D., Starešini , D., Španjol, Ž., Biljakovi , K., Ožura, M., Markovi , N., Bognolo, D., 2009: Analiza raspodjele površina zahva enih šumskim požarom na otocima Bra u, Kor uli i Rabu. Šumarski list br. 5-6, CXXXIII, str. 3-6.
8. Rosavec, R. 2010: Odnos imbenika klime i zapaljivosti nekih mediteranskih vrsta kod šumskih požara. Disertacija, Šumarski fakultet Sveu ilišta u Zagrebu, Zagreb.
9. Španjol, Ž., R. Rosavec, D. Bari , I. Gali , 2011: Zapaljivost i gorivost sastojina alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.). Croatian journal of forest engineering, vol 32, str. 121-139.
10. Stojni , D., Danilovi , M., Zlatanovi , M., 2016: Mogu nost primjene mrežne analize za odre ivanje najkra eg puta i vremena prijevoza drveta kamionima – studija slu aja Majdanpe ke domene. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 114.
11. [http://hr.worldmapz.com/photo/36901\\_pt.htm](http://hr.worldmapz.com/photo/36901_pt.htm)
12. [http://peakery.com/get\\_panoramio\\_pics/29088/](http://peakery.com/get_panoramio_pics/29088/)
13. <http://sfsa.unsa.ba/nauka/dokumenti/Radovi-2005/Sokolovic-Izdvajanje-otvorenih-neotvorenih-podrucja.pdf>
14. <http://www.bh-index.com/treskavica-angaziran-helikopter-os-bih-na-gasenju-velikog-sumskog-pozara>